

UDK 624.97:621.379

Primljeno 24. 2. 2001.

Radiotelevizijski toranj "Sljeme"

Krešimir Šavor

Ključne riječi

radiotelevizijski toranj,
dvadeset i peta obljetnica,
Sljeme,
projekt,
konstrukcija,
izvedba

Key words

radio-television tower,
twenty-fifth anniversary,
Sljeme,
project,
structure,
construction

Mots clés

tour radiotélévision,
vingt-cinquième
anniversaire,
Sljeme,
études
structure,
réalisation

Ключевые слова:

радиотелевизионная
башня,
двадцатипятилетняя
годовщина, Слеме,
проект, конструкция,
строительство

Schlüsselworte:

Radio-TV Turm,
25-ster Jahrestag,
Sljeme,
Entwurf,
Konstruktion,
Ausführung

K. Šavor

Stručni rad

Radiotelevizijski toranj "Sljeme"

Ponukan dvadeset i petom obljetnicom dovršetka HTV i HTP tornja na vrhu Medvednice – Sljemenu, autor, koji je i glavni projektant tornja, opisuje značajke tornja od ideje do njegove izgradnje. Prikazana je konstrukcija koja se sastoji od donjega armiranobetonskog dijela visine 92,0 m i gornjega čeličnog visine 78,0 m. Opisana je konstrukcija tornja te prikazan način proračuna armiranobetonskog i čeličnog dijela tornja, a također i temelja. Dani su i osnovni podaci o izvedbi.

K. Šavor

Professional paper

Radio-television tower on Sljeme

Prompted by the twenty-fifth anniversary of the construction of the television and telecommunications tower on the highest peak of Medvednica, Sljeme, the author, who is also the chief designer of the tower, describes the tower's features, from the initial concept to its construction. The structure consisting of the bottom reinforced-concrete portion 92.0 m high, and the top steel portion 78.0 m high, is presented. The tower structure is described, and the method used for the analysis of the reinforced-concrete and steel portions of the tower, including its foundations, is presented. Some basic data about the construction process are also given.

K. Šavor

Ouvrage professionnel

Tour radiotélévision de Sljeme

En l'occasion de la vingt-cinquième anniversaire de construction de la tour radiotélévision sur le sommet de Medvednica - Sljeme - l'auteur, qui est en même temps le projeteur de la tour, décrit les événements concernant la tour, depuis la première idée jusqu'à la construction. La structure, composée d'une partie inférieure en béton armé 92,0 m de hauteur, et d'une partie supérieure en acier, 78,0 m de hauteur, est présentée. La structure de la tour est décrite et la manière du calcul de la partie de tour en béton armé et de la partie en acier, ainsi que des fondations, est présentée. Les informations principales sur la réalisation sont également présentées.

K. Шавор

Отраслевая работа

Радиотелевизионная башня "Слеме"

Побужденный двадцатипятилетней годовщиной завершения ХТВ и ХТП башни на вершине Медведницы - Слеме, автор, являющийся и главным проектантом, описывает характеристики башни от идеи до её воздвижения. В работе описана конструкция, состоящая из нижней железобетонной части высотой 92,0 м и верхней стальной высотой 78,0 м. Описана конструкция башни и представлен способ расчёта железобетонной и стальной части башни, а также и фундамента. Даны и основные данные о строительстве.

K. Šavor

Fachbericht

Radio-TV Turm "Sljeme"

Anlässlich des 25-sten Jahrestages der Festigstellung des TV-und Postturms am Gipfel der Medvednica – Sljeme beschreibt der Verfasser, zugleich Hauptentwerfer des Turms, die Kennzeichen des Turms von der Idee bis zur Festigstellung. Dargestellt ist die Konstruktion, zusammengefügt aus dem unteren Teil von 92,0 m Höhe aus Stahlbeton und dem oberen Teil von 78,0 m aus Stahl. Die Turmkonstruktion ist beschrieben und das Berechnungsverfahren der beiden Turmteile, sowie auch die Gründung dargestellt. Präsentiert sind auch Grundangaben über die Ausführung.

Autor: **Krešimir Šavor**, dipl. ing. građ., Pantovčak 81, Zagreb

1 Uvod

Prije dvadesetpet je godina dovršen HTV i HPT toranj "Sljeme". Preko njega su tada krenule kulturno-informativne emisije televizije i radija. Također je, preko novih radiorelejnih veza PTT-a na tornju, započelo povezivanje korisnika s tuzemstvom i inozemstvom.

Osim za službene namjene, toranj bi trebao služiti i u turističke svrhe. Uobičajeno je u svijetu da se na takvim tornjevima dodaje dio za turizam. Postoje podaci da su se neki tornjevi u inozemstvu vrlo brzo amortizirali turizmom.

Zagreb ima veliku sreću da joj se u blizini nalazi Sljeme koje obiluje prirodnim ljepotama. Osim toga s vrha Sljemena su prekrasni vidici na sve strane. Prema tome bili su dobri uvjeti za uspješan turizam na tornju.

Nažalost prilike nisu to dopustile. Toranj je bio otvoren za turizam samo kratko vrijeme.

Inače, može se reći da je toranj proteklih 25 god. ispunio sve zahtjeve i očekivanja stručnih službi i što se tiče funkcionalnosti i s obzirom na održavanje. U građevinskom pogledu nije bilo posebnih intervencija osim u slučaju kad je avijacija JNA raketirala toranj. Tom je prilikom bio dijelom srušen vanjski zid II. kata donje gondole, a uređaji TV u toj su prostoriji znatno stradali.

2 Od ideje do projekta

2.1 Namjena i osnovni opis tornja

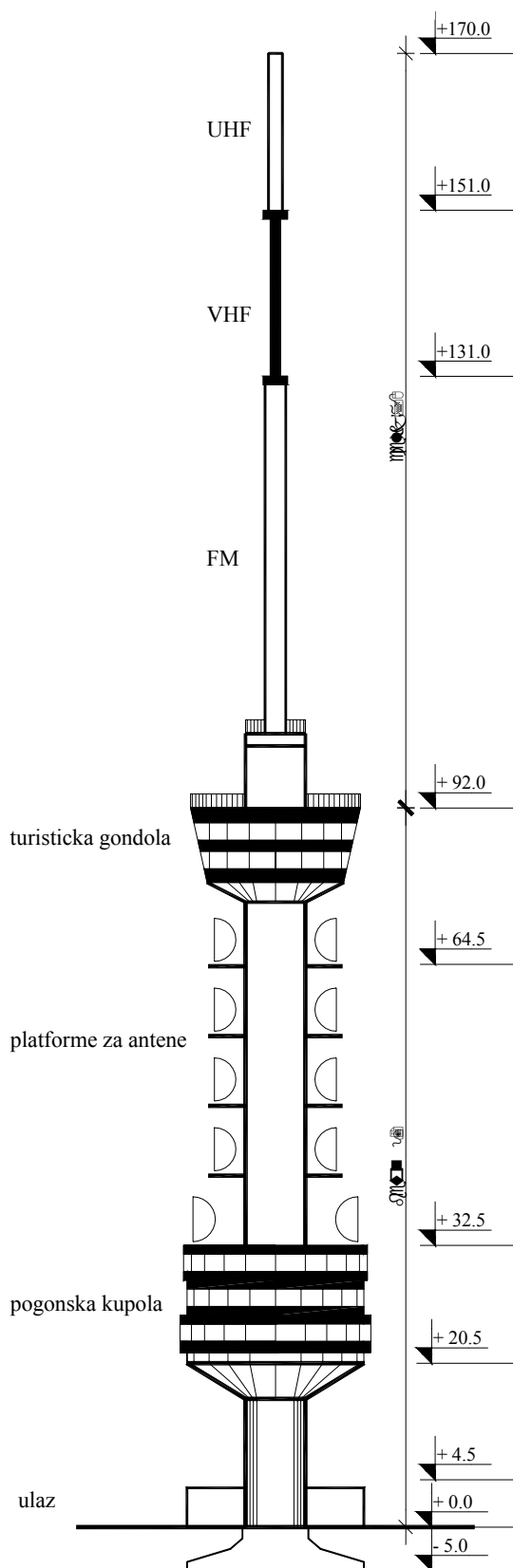
Sedamdesetih je godina razvojni program HTV predvidio u našoj Republici II. televizijski program. Najvažniji i najveći u tome bio je objekt "Sljeme". Razvojni je program HPT-a predvidio tada izgradnju novih magistralnih radiorelejnih sustava. Krajnja RR stanica Zagreb locirana je na Sljemeni pa su stoga iz više razloga HTV i HPT sagradili zajednički objekt "Sljeme".

U tu svrhu bila su načinjena dva projekta. Prvi je projekt zadržao postojeći čelični rešetkasti stup s time da će se adaptirati u vidikovac. Na istoj je lokaciji predviđen nov čelični rešetkasti stup s pratećim objektima. Novi stup bi služio kao nosač antena i parabola HTV-a i HPT-a.

Drugim se projektom predložilo sasvim drugo rješenje koje je primijenjeno na mnogo tornjeva u svijetu. Osnovna zamisao tog rješenja bila je da u tornju budu smještene sve pogonske i ostale prostorije te da se zrcalne antene nalaze na platformama, a ostale su antene obješene na čelični dio.

HTV i HPT prihvatili su za gradnju drugi projekt tornja jer pruža suvremeno, funkcionalno i estetsko rješenje.

Toranj je smješten blizu vrha Sljemena. Vrh Sljemena ima apsolutnu kotu +1033 m, a vrh tornja +1196 m. Zbog svoje je visine omogućen veliki domet emisija.



Slika 1. Skica tornja s osnovnim podacima o visinskim kotama i namjenama

Što se tiče materijala, toranj se sastoji od donjega betonskog dijela visine 92 m i gornjega čeličnog visine 78 m. Betonski se dio sastoji od temelja, trupa, donje gondole, platforma, gornje gondole i završne sidrene ploče (za čelični stup). U donjem dijelu nalazi se ulaz u toranj s dvorišne strane.

Unutar trupa predviđena su okna za veliko turističko (16 osoba) i malo službeno dizalo (4 osobe), za stube, za HTV i HPT kablove, vodovod, kanalizaciju, grijanje i toplu vodu. Unutarnji promjer trupa iznosi 6,25 m.

Približno 20 m iznad ulaza počinje donja gondola promjera 18-22 m, visine 12 m; ima 4 kata od kojih donja tri služe za HTV a četvrti kat za HPT, također u pogonske svrhe.

Iznad donje gondole, na međusobnom razmaku od 8 m nalaze se četiri kružne platforme koje služe za smještaj zrcalnih antena promjera 3-5 m.

Na koti +72,0 počinje gornja turistička gondola promjera 15,4-17,3 m. Podijeljena je u dva kata od kojih donji služi za restauraciju a gornji za zatvoreni vidikovac. Otvoreni se vidikovac nalazi na krovu ove gondole.

Na koti +91,0 završava trup (kičma) tornja i započinje čelični dio. Sastoji se od 3 sekcije. Treća gornja sekcija, duljine 14,4 m, služi ujedno kao antena za UHF program; druga sekcija služi kao nosač za VHF-program, prva (39,0 m) kao nosač za FM antene.

U podrumu i razizemlju objekta smješteni su: trafostanica, kotlovnica, agregati itd.

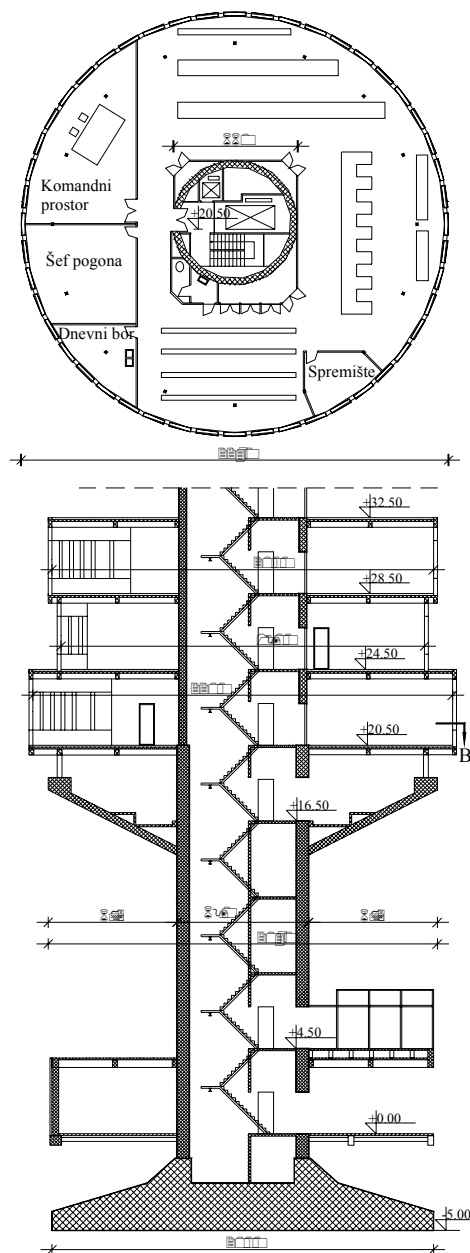
3 Konstrukcija

3.1 Opis konstrukcije

Temelj armiranobetonska kružna ploča, promjera 20,0 m, promjenljive debljine, koja ispod trupa stupa iznosi 3,40 m a na krajevima 1,0 m, izvedena je od betona MB 30 s radijalnom i tangencijalnom armaturom RA 400/500. Da bi se smanjile pukotine od stezanja betona i količina armature, temeljna je ploča po obodu prednapeta kablovima ukupne sile prednapinjanja od 14,6 MN sustava BBR. Kako bi se omogućile deformacije ploče od stezanja i puzanja, ispod nje je na apsolutno ravnoj podlozi izveden specijalni klizni sloj.

Temelj je izveden na dubini od 8 m jer se tlo sastavlja od zelenih škriljaca u gornjim slojevima nalazi u rastrošnom stanju. Prethodno su izvršena temeljita geološka, geomehanička i geofizička ispitivanja, čime je ujedno utvrđeno da ovu lokaciju valja tretirati kao zonu 8° intenziteta.

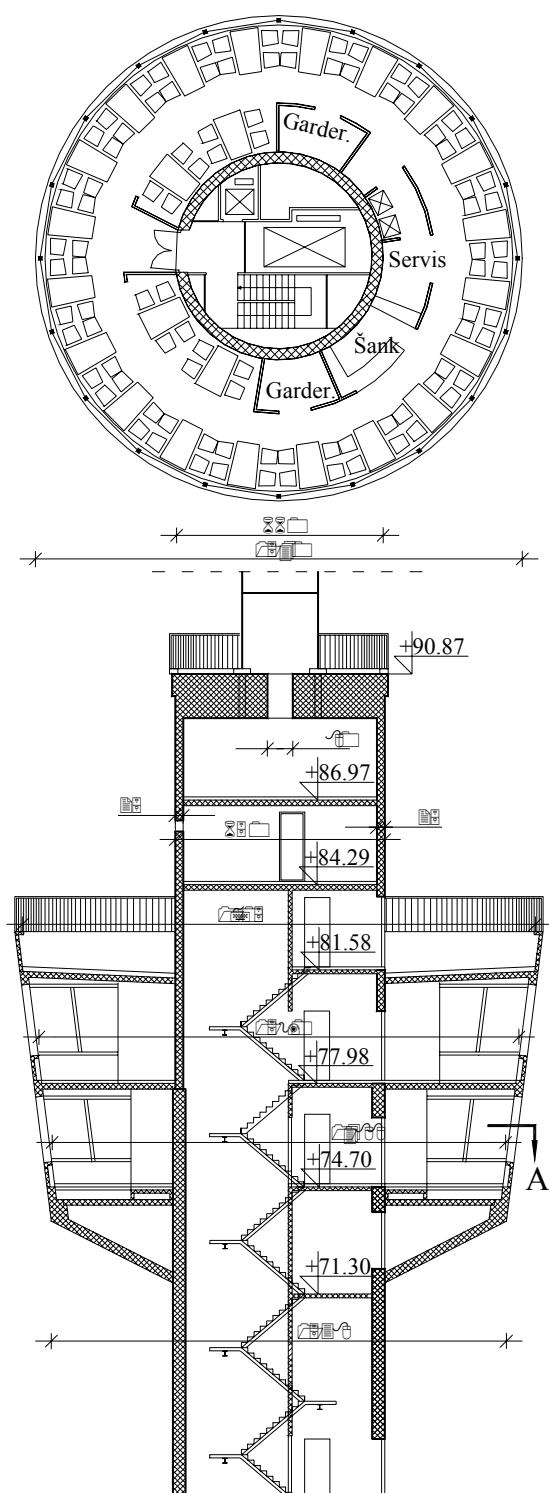
Trup tornja jest njegova kičma. Visine je 92,0 m računajući od gornjega ruba temelja. Izveden je kao cilindrična betonska ljuska.



Slika 2. Presjeci donje konzole: gore - poprečni presjek (tlocrtni), dolje - uzdužni presjek kroz gondolu i temelj

Debljina do kote +27,7 iznad temelja jest 65 cm a dalje do vrha 35 cm. Vanjski je promjer donjeg dijela cijevi 6,90 m a gornjeg 6,60 m. Ljuska završava na vrhu kružnom armiranobetonskom pločom debljine 1,40 m u koju je upeto postolje čeličnoga cijevnog stupa.

Trup je izveden u betonu MB 40 i armiran je rebrastom armaturom RA 400/500. Vertikalna je armatura nastavljena s preklapima koji su na raznim visinama tako da je najviše 25% armature nastavljeno u jednom presjeku. Oko otvora za vrata i prozore na trupu je posebna armatura za ojačanje.



Slika 3. Presjeci gornje konzole: gore - poprečni presjek (tlocrti), dolje - uzdužni presjek

Za priključenje koničnih ljosaka te kružnih prstenastih ploča (platforme) izvedeni su u trupu odgovarajući utori.

Pogonska (donja) gondola sadrži 4 kata koji iz funkcionalnih i estetskih razloga imaju različite promjere.

Cijela je gondola svojim vanjskim dijelom na koničnoj ljusci, a unutarnjim dijelom na trupu stupa. Ljuska je konstantne debljine 35 cm, a nagib prema horizontali je 27° . Gornji je kraj ljuske ukrućen prednapetim prstenom 120/70 cm da bi se spriječile horizontalne deformacije ljuske koje bi u njoj izazvale pukotine. Prednapinjanje je izvršeno s BBR kablovima ukupne nosivosti 7330 kN.

Donjim se dijelom ljuska oslanja na trup tornja preko posebnog utora. Marka betona ljuske jest MB 40. Radijalna i tangencijalna armatura je od GA 240/360. Poradi brzine i rada u zimskom periodu preostali dio gondole izveden je polumontažno. Stropovi su izvedeni od po 16 montažnih prednapetih radijalnih nosača između kojih je naknadno izbetonirana ploča. Na katu ovi su nosači s vanjske strane položeni na obodni zid i a s unutarnje u utore na trupu. Na ostalim su katovima nosači s vanjske strane oslonjeni na čelične stupove. Montažni su nosači, osim s pločom, povezani s 3 do 4 kružna prstena. Krov je gondole zaštićen dvostrukom hidroizolacijom i toplinskom izolacijom.

Platforme su u konstruktivnom pogledu kružne prstenaste armiranobetonske ploče promjenjive debljine. Vanjski promjer jest 14,6 m a unutarnji uz trup 6,6 m. Beton im je marke MB 30, a armatura od čelika RA-400/500. Sastoji se od tangencijalnih i radijalnih šipki. Platforme su upete u trup tornja. Na vanjskom su rubu ukrućene armiranobetonskim prstenastim nosačem.

Turistička je gondola, također, u tlocrtu kružnog oblika kao i donja gondola. Vanjski su zidovi nagnuti prema vertikali $7,5^\circ$. Čitava se gondola vanjskim dijelom oslanja na koničnu ljusku a unutarnjim rubom na trup tornja. Ljuska je konstantne debljine 30 cm, a nagib joj iznosi 27° . Na vrhu je ljuska ukrućena armiranobetonskim prstenom koji je preko zgloba vezan za kružnu prstenastu ploču poda restauracije. Donjim se krajem ljuska zglobovno oslanja na trup tornja. Prsten je iz prije spomenutih razloga prednapet kablovima BBR ukupne nosivosti 3,67 MN.

Ljuska je marke betona MB 40 a armatura GA 240/360. Stropovi su izvedeni s kružnim prstenastim betonskim pločama koje se s unutarnje strane putem utora oslanjaju na trup tornja a s vanjske strane na čelične nosače, odnosno na koničnu ljusku. Marka betona spomenutih ploča jest MB 30 a armatura GA 240/360.

Čelični dio se sastoji od tri sekcije. Prva sekcija odozgo je ujedno antena za UHF-program i kupljena je gotova od proizvođača. Kutnicima i vijcima priključena je na donji dio. Duljina joj je 14,40 m, a zatim se nastavlja priključak duljine 1,50 m u obliku cilindrične ljuske vanjskog promjera 1,6 m. Putem konične ljuske izveden je prijelaz na cilindričnu ljusku vanjskog promjera 1,15 m, duljine 20 m. Na spomenutom prijelazu nalazi se platforma za

izlazak iz tornja radi montaže i popravaka na antenama. Prijelaz sa srednje sekcije promjera 1,15 m na donju sekciju promjera 2,30 m izvršen je koničnom ljuskom visine 1,75 m. Na ovom prijelazu izvedena je platforma za izlazak iz stupa. Donja sekcija je unutarnjeg promjera 2,30 m i visine 38,24 m. Pojedine sekcije sastavljene su od elemenata duljine do 6,2 m, međusobno zavarene s pomoću sučeonih varova S-kvalitete. Debljina stijenki ovih elemenata iznosi 10 do 27 mm. Njihova težina iznosi između 1680 do 3733 kp. Na svim elementima izvedena su horizontalna ukrućenja na međusobnom razmaku kod donje sekcije 2666 mm a kod srednje 2500 mm. Pričvršćenje čeličnog dijela na betonski izvršeno je prednapetim kabelima tipa IMS i vijcima $\phi 48$.

Čelični dio izveden je od Č-22, osim najnižeg elementa srednje sekcije i koničnog prijelaza koji su izvedeni od Č-35, dok je najniži element donje sekcije izveden od Č-25. Na sastavima koničnih i cilindričnih elemenata, tj. na mjestima gdje se lome izvodnice ljusaka izvedeni su čelični prsteni koji preuzimaju horizontalne sile što nastaju na ovim lomovima.

3.2 Proračun

3.2.1 Djelovanja na konstrukciju

Vjetar

Od Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske dobiveni su podaci o vjetru na Sljemenju, tj. ruža vjetrova i brzina koja iznosi 33 m u sekundi. Međutim, budući da anemografi nisu bili optimalno postavljeni, može se dogoditi da su stvarne najveće brzine vjetrova i znatno više. Kako su naši propisi o vjetru prilično zastarjeli, naročito u odnosu prema visokim građevinama, odlučeno je da se pri proračunu betonskog dijela tornja primijene "Richtlinien für Berechnung u. Bemessung hoher dünnwandiger Türme aus Stahlbeton" (DDR), dok su za čelični dio korišteni propisi DIN 4131, točka 4.2.5. Prema tome, za betonski dio usvojen je statički dio pritiska sa $q_s = 70 \text{ kp/m}^2$ a dinamički sa $q_p = 50 \text{ kp/m}^2$. Proračun dinamičkog faktora izvršen je prema Rauschu, Schlaichu i poljskim propisima, pošto je prethodno izračunana vlastita frekvencija tornja po energetske metodi i po iterativnoj metodi "Stodole". Dobivena je srednja vrijednost $\varphi_b = 1,5$. Za čelični dio tornja dinamički je faktor izračunan prema DIN 4131 i iznosi $\varphi_e = 1,55$.

Koeficijenti oblika C za gornju su čeličnu sekciju I 1,2, za sekcije II i III 0,7, za obje gondole 0,71, a za dio stupa sa zrcalnim antenama 1,5.

Vibracije

Pri djelovanju vjetra na okrugle presjeke pod određenim uvjetima nastaju oscilacije okomite na pravac djelovanja vjetra (Kármánovi vrtlozi). Za čelične zavarene konstrukci-



Slika 4. Faza izvedbe u području donje gondole i neposredno iznad

je s vrlo malim prigušenjem i osjetljivim na zamor ove vibracije su naročito opasne. Njihov proračun proveden je prema metodi IFL Dresden, i to za prva tri tona vibracija za promjer cijevi $D = 1,6 \text{ m}$, $1,15 \text{ m}$, $2,3 \text{ m}$ i $6,6 \text{ m}$.

Najveći pregib na vrhu dobiven je za prvi ton vibracije čeličnog dijela od eksitacije na najgornjoj sekciji promjera $1,6 \text{ m}$ i iznosi $A_1 = 0,587 \text{ m}$. Najveća naprezanja u presjecima zbog ovog su djelovanja manja od dozvoljenih prema E-liniji naših propisa za zavarene čelične konstrukcije.

Da bi se smanjile ove vibracije na najvišoj sekciji na poliesterskom valjku ugrađene su Scrutonove spirale.

Do danas nisu zapažene pojave značajnijih vibracija na tornju.

Potres i led

Toranj je fundiran u dubini 8 m u vrlo dobrom materijalu od zelenih škrljaca, što dopušta da se pretpostavi dinamički model s punim uklještenjem u tlo.

Prema geofizičkim ispitivanjima, objekt je svrstan u VIII. seizmičku zonu. Osim punoga seizmičkog opterećenja prema SNIP II-A 12-62 uzeto je u obzir 30% opterećenja vjetrom, jednostrano pokretno opterećenje i utjecaj stal-

nog opterećenja po teoriji II. reda, ali s faktorom 0,3. Rezultati su, međutim, pokazali da je mjerodavno opterećenje vjetrom.

Led je uzet samo pri proračunu čeličnog dijela, ali u tom slučaju s 60% punog djelovanja vjetra. Debljina leda uzeta je 4 cm.

Temperatura

U statičkom proračunu tornja temperatura znatno utječe na dimenzioniranje. Naši propisi nisu dovoljni za taj slučaj, a propise drugih zemalja bilo je teško primijeniti s obzirom na različite klimatske uvjete.

Zbog toga su uzete stvarne ekstremne temperature koje mogu nastupiti u najnepovoljnijoj kombinaciji. Pritom se vodilo računa o provodljivosti zidova, žbuke, izolacije itd.

Ovaj se utjecaj pokazao naročito velik pri proračunu prstena konične ljuske turističke gondole. Za slučaj da, je na primjer, vani ekstremna zima (-30°C) a unutra temperatura do $+20^{\circ}$, dolazi do znatnih vlačnih naprezaanja u prstenu unatoč prednaprezanju. Budući da je dobi-

vena znatna armatura, dopušteno je da u prstenu nastanu pukotine najviše 0,2 mm, što se dozvoljava po našim propisima. Time je ovaj utjecaj znatno smanjen, jer se smanjuju i sile.

3.2.2 Proračun armiranobetonskog dijela

Trup

Trup je ispitan u svim presjecima za najnepovoljnije kombinacije stalnog opterećenja, simetričnoga i antisimetričnoga pokretnog opterećenja, vjetra s dinamičkim faktorom, utjecaja teorije II. reda, potresa, jednostranog obasjavanja suncem te stezanja i puzanja betona.

Ovim djelovanjima dodani su još lokalni utjecaji kao primjerice rubne smetnje zbog deformacije presjeka i promjene debljine cilindra, utjecaj ekscentričnog opterećenja kružnih ploča stropova turističke gondole te utjecaj koničnih ljusaka ne samo poradi stalnog i pokretnog opterećenja, već i zbog stezanja i puzanja betona i temperature. Utjecaj platforma na trup tornja ispitan je također za stalno i korisno opterećenje te za djelovanje temperature, stezanje i puzanje. Dimenzioniranje je izvršeno za II. stadij i prema teoriji loma.

Temelj

Proračun je izvršen uz pretpostavku da su vanjske prstenaste ploče i unutarnja kružna ploča upeti u kružni prsten koji se nalazi između njih. Ispitan je slučaj simetričnog i antisimetričnog opterećenja. Spomenuti prsten dimenzioniran je za utjecaj savijanja, torzije i poprečnih sila, a ploče su izračunane na radijalno i tangencijalno savijanje, pri čemu je također uzeto u obzir prednapinjanje. Stabilnost protiv prevrtanja jest $\eta = 5,5$.

Kružna prstenasta ploča na vrhu betonskog dijela

Proračun je napravljen na temelju teorije ploča za simetrično i antisimetrično opterećenje zbog utjecaja čeličnog dijela stupa. Rješenje za antisimetrično opterećenje dobiveno je sastavljanjem 9 uvjetnih jednadžbi.

Konične ljuske

Konične su ljuske izračunane po membranskoj i momentnoj približnoj teoriji. Uzeti su u obzir stalno i pokretno opterećenje, vjetar, temperatura, stezanje i puzanje, te rubne smetnje. Ove smetnje nastaju zbog veze ljusaka s prstenom na vrhu ljuske poradi njezina oslanjanja na trup stupa. Pri ovim proračunima uzete su u obzir razne starosti betona.

Dimenzioniranje ljusaka izvršeno je prema I. i II. stadiju. Ispitivana je i stabilnost i nađeno je da je znatno veća nego što je potrebno.



Slika 5. Izvedba gornje gondole i čeličnog stupa



Slika 6. Pogled na završeni toranj

Radijalni i tangencijalni momenti, kao i poprečne sile, proračunani su s obzirom na promjenljivu visinu, uz pretpostavku pune upetosti u trup tornja, s pomoću diferencijskog postupka. Uzeti su u obzir simetrično i antimetrično opterećenje te rubne smetnje koje nastaju kao posljedica nejednake starosti betona i različitih temperatura platforme i trupa.

3.2.3 Proračun čeličnog dijela

Čelični dio tornja ispitan je u svim presjecima za najnepovoljnije kombinacije stalnog opterećenja, korisnog, simetričnog i asimetričnog, vjetra s dinamičkim faktorom, teorije II. reda, potresa, temperature, jednostranog obasjavanja suncem i leda. Ovim utjecajima dodani su još rubni uvjeti na prijelazima od manjeg na veći promjer cilindričnih ljusaka. Spomenuti su prijelazi ispitani po teoriji cilindričnih i koničnih ljusaka.

Prijelazi između cilindara raznih promjera izvedeni su koničnim ljuskama. Na lomovima izvodnica ljusaka nastaju znatne horizontalne sile koje su preuzete po membranskoj teoriji posebnim prstenima.

Uzimajući u obzir deformacije po momentnoj teoriji ljusaka i sama ljuska preuzima dio ovih sila, a osim toga i momente i prstenaste sile zbog rubnih uvjeta.

Stabilnost stupa provjerena je po teoriji II. reda sukladno DIN 4131 i DIN 4116.

4 Izvedba

Trup tornja izveden je kliznom oplatom, a donja gondola na podupirajućoj klasičnoj skeli. Gornja gondola te četiri ploče-podesti izvedeni su s pomoću podizno-spuštajuće skele s dizalicama nosivosti 40 kN.

Najprije je izvedena gornja gondola, a zatim spuštajući postepno uređaj betonirana su četiri preostala podesta.

betonske radove izvelo je GP Tehnika, a izradu montažu čeličnog dijela Mostogradnja.

ef gradilišta - **Željko Čivčija**, dipl. ing.

investitori: Radiotelevizija Zagreb i PTT-Zagreb.

televiziju projekta izvršio je Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, revident prof. dr. sc. **Veselić**, dipl. ing. građ.

projekt je izrađen u Inženjerskom projektnom biro u Zagrebu, gdje su izrađeni i projekti jake struje i prijenosa.

GLAVNI I ODGOVORNI PROJEKTANT **Krešimir Šavor**, dipl. ing. građ.

uradnici: mr. sc. **Zlatko Šavor**, dipl. ing. građ.; **Ivan Duvančić**, dipl. ing. građ.; **Damiro Travunac**, ing. građ.; **Waldemar Balley**, dipl. ing. građ.; **Ljerkica Šalabalić**, dipl. ing.; **Sonja Brdina**, i ostali.

pri projektiranju surađivali su kvalitetni stručnjaci IRT-a i HPT-a bez kojih se ne bi mogao uspješno izvršiti projekt tornja.